مورفوتکتونیک و تأثیر آن بر تغییرات بستر و الگوی رودخانه‌ی قره سو

مجتبی یمانی (دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه تهران، نویسنده‌ی مسؤول)
myamani@ut.ac.ir
محمود علایی طالقانی (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه رازی کرمانشاه)
صبریه شهبازی (کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران)

چکیده

رودخانه‌ها محیط‌های ناپایداری هستند، که تحت تأثیر عوامل طبیعی یا انسانی، دچار تغییر مسیر و تغییر الگو می‌شوند. در این پژوهش، اثرات تکتونیکی بر الگوی رودخانه‌ی قره سو در محدوده‌ی شهرکرمانشاه مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابزارهای اصلی تحقیق را عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۸۰ و نیز تصاویر ماهواره‌ای ETM ، الگوی ارتفاعی رقومی (DEM)[1] سال ۲۰۰۰ و همچنین نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی منطقه تشکیل داده اند. تکنیک کار تحقیق، بررسی ارتباط تأثیر گسل قرسو از یک سو و تغییرات بستر و الگوی رودخانه‌ی قره سو از سوی دیگر طی یک دوره چهل وپنج ساله بوده است. بدین منظور با انجام کارهای میدانی، ضمن نمونه برداری رسوب، برای بررسی تغییرات، پروفیل‌های عرضی از آبراهه برداشت شده و موقعیت آنها با GPS ثبت و روی نقشه‌ها انتقال داده شده است. سپس داده‌ها با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه‌ی مرکزی در قالب نرم افزارهای ArcGIS و Global Mapper تجزیه و تحلیل شده اند.گسل قره سو منطبق با بستر اصلی رودخانه بوده و نتایج نشان می‌دهد که الگوی رود قره سو از فعالیت این گسل تأثیر پذیرفته است، زیرا تغییرات عرضی و الگوی بستر این رودخانه در دو ساحل یکسان نبوده و با راستای جهش گسل مذکور انطباق دارد. به گونه‌ای که پیچان رودها در ساحل شرقی آبراهه که در بخش فرو دیواره گسل قرار گرفته است، توسعه‌ی بیشتری یافته‌اند.

کلیدواژه‌ها: پیچان رود، رود قره سو، گسل قره سو، تکتونیک، کرمانشاه.

1. Digital Elevation Models

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۳ تاریخ تصویب:۱۳۹۰/۱۲/۱۷

درآمد:

دسترسی به آب و خاک مناسب، موجب شده است تا بخش عمده‌ای از آبادی‌ها و اراضی زراعی ایران در سواحل رودخانه‌ها استقرار یابند. این سواحل تحت تأثیر عواملی چون: تکتونیک، دینامیک جریان و یا فعالیت‌های انسانی پایدار نیستند. مطالعات و بررسی‌ها عموماً برای دست‌یابی به راهکارها و سیاست‌های اجرایی به منظور پایدارسازی آنها انجام می‌پذیرد. در این راستا درایران و سایر کشورها کارهای متعددی در زمینه‌ی رودخانه‌ها صورت گرفته است، از جمله‌ی آنها تحقیقاتی است که: چامیل وهمکاران[1] (۲۰۰۳) نقش تکتونیک و محیط را در کواترنری پسین بر روی سیستم‌های فلوویال بررسی کرده اند. تیمار[2] (۲۰۰۳) تغییرات سینوسیته‌ی رودخانه‌ها را در یک رودخانه‌ی نمونه بررسی کرده وانحنای خط القعر را به وسیله‌ی مقاطع آبرفتی رودخانه‌ی اصلی اندازه‌گیری نموده و سپس میان تغییرات سینوسیته با تغییرات بار رسوبی و دبی در انشعابات ورودی ارتباط برقرار نموده است. تحقیقات وی نشان داد که در مناطقی با تغییر شکل فعال شبیه فرو نشینی تفریقی و مناطق گسلی پیچیده ارتباط قابل توجهی وجود دارد. ویکرانت و سینها[3] (۲۰۰۵) به بررسی اثرات تکتونیک فعال روی یک رودخانه‌ی آبرفتی در هند شرقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات میدانی و الگوی ارتفاعی رقومی منطقه پرداخته‌اند و نشان داده‌اند که اثرات انحراف طولی و عرضی در تغییرات مورفولوژیکی رودخانه و نیز زمین‌هایی که بر اثر تغییر مسیر رودخانه جدا شده اند، مشاهده می‌شود. پتروسکی و تیمار[4] (۲۰۰۹) نیز در مقاله‌ای، سینوسیته‌ی سیستم یک رودخانه را در کشور رومانی بررسی کرده‌اند و احتمال فعالیت تکتونیکی با استفاده از نقشه‌های تاریخی تصحیح شده را محاسبه و با استفاده از نرم افزار GIS مقدار سینوسیته و مقاطع طولی رودخانه را به دست آورده اند و سپس نشان داده اند که مقاطع با سینوسیته‌ی بالا با فعالیت‌های نئوتکتونیکی ارتباط دارند. همچنین نتایج آنها نشان داد در مقاطعی که سینوسیته‌ی کم دارند،

---

1. Chamyal& etal
2. Timar
3. Vikrant & Sinha
4. Timar & Petrovszki

مانداب تشکیل شده و نیمرخ رودخانه با مناطقی با فرونشینی سـریع ارتبـاط دارنـد. زامـولی و همکاران[۱] (۲۰۰۹) درباره‌ی تأثیر نئوتکتونیک بر سینوسیته‌ی یک رودخانه و بررسی فعالیت‌های نئوتکتونیک بر این رودخانه، با استفاده از نقشه‌های ژئورفرنس شده، پرداختـه‌انـد. نتـایج، یـک توزیع فضایی از نوسانات سینوسی و ارتباط آن را با گسل‌های میوسن پایانی نشان می‌دهـد. در واقع محاسبات سینوسیته‌ی رودخانه، ابزاری حساس برای اثبات فعالیت نئوتکتونیک در منـاطق با آرامـش پـایین هسـتند. همچنـین حسـینی و زاخـری (۱۳۸۰) جابـه‌جـایی‌هـای افقـی را در رودخانه‌های آبرفتی،ماننـد کرخـه و زهـره، مـورد بررسـی قـرار داده انـد. داور پنـاه (۱۳۸۱)، مورفولوژی پایاب زنجان رود وعوامل مؤثر در آن‌را در یک دوره سی وپنج ساله مورد بررسـی قرار داده و ثابت کرده است که عوامل طبیعی و انسانی باعث ایجاد تغییـرات مورفولـوژیکی در پایاب زنجان رود می‌شود. یمانی و حسین زاده(۱۳۸۲)، در پژوهشی به بررسی تغییرات الگـوی رودخانه‌ی تالار در جلگه‌ی ساحلی دریای خزرپرداخته اند. در این پـژوهش، تغییـرات الگـوی رودخانه‌های تالار در ساحل جنوبی خزر در فاصله‌ی زمانی سی‌ونه ساله با روش‌های تغییـرات زمانی و مکانی، روش گرافیکی و روش میدانی مورد بررسی قرار گرفته است و تغییرات الگـو و شکل‌های مختلف تغییر شکل و نیز جابه‌جایی مسیر بستر این رودخانـه‌هـا تعیـین و بـرآورد شده است. همچنین در این پژوهش از داده‌های هیدرولیک جریان و پارامترهای هندسی کانـال برای تحلیل استفاده شده است. غریب رضا (۱۳۸۱)، مشخصه‌های هندسی و وسعت اجـزا رود شور را در دشت ساحلی خور ریگ با استفاده از پیمایش میدانی و عکس‌های هوایی درسیستم اطلاعات جغرافیایی به دست آورده است. رنگزن و همکاران (۱۳۸۱) نیز وضعیت رودخانه‌های کارون، کرخه و دز را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کرده و اثرات آنها را در سازه‌های عمرانی منطقه در طول زمان مشخص نمـوده انـد. یمـانی و حسـین زاده (۱۳۸۳)، در پـژوهش دیگری به بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه تالار پرداخته انـد و بـرای تعیـین الگـوی ایـن رودخانه از ضـریب خمیـدگی بـه روش لئوپلـد و ولمـن و نیـز روش زاویـه مرکـزی بـه روش

1. Zamolyi & et, al

کورنایس[1] استفاده کرده اند و بیست وشش درصد از رودخانه‌ی تالار را در زمره‌ی پیچان رودهای تکامل یافته قرار داده اند. بیاتی خطیبی(۱۳۸۵)، علل تشکیل و توسعه پیچان رودها و فرضیه‌های مطرح شده در مورد چگونگی تشکیل پیچان رودها را بررسی کرده است. محمدی و همکاران (۱۳۸۵)، به بررسی و شناخت تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ی گرگان‌رود پرداخته اند و این رودخانه را به دو بازه تقسیم کرده و در هر بخش ضرایب مربوط به مورفولوژی رودخانه را مورد محاسبه قرار داده اند. مقصودی و کامرانی (۱۳۸۷) نقش تکتونیک را بر تنظیم کانال رودخانه ی تجن با استفاده از چند شاخص ژئومورفولوژیکی و نرم افزاری (Photoshop،ArcGIS و Ilwis)بررسی کرده و نتیجه گرفتند که منطقه از نظر فعالیت‌های نئوتکتونیکی فعال است، اما میزان این فعالیت در همه جای آن یکسان نیست.

با توجه به مطالعات گذشته در موضوع تأثیر پارامترهای هیدرو مورفودینامیک در تغییرات بستر رودخانه‌ها، اهداف عمده‌ی این تحقیق، تشخیص الگو و تعیین خصوصیات هندسی رودخانه (ضریب پیچشی، شیب، ابعاد پیچان رودها، زاویه مرکزی و...) و نیز بررسی نحوه‌ی توسعه وتکامل پیچان رودها در دو سوی گسل قره سو و سپس بررسی مساحت سطوح تحت پوشش تغییرات بستر و مئاندرهای رودخانه و تطبیق آن با تکتونیک گسل بوده است. بر این اساس، پایه‌ی تحقیق بر این فرضیه استوار شده است که مسیر اصلی رود قره سو با امتداد خط گسل قره سو انطباق یافته و راستای جهش قطعات این گسل در تغییرات الگوی بستر رودخانه‌ی تأثیرگذار می‌باشد. همچنین در نتیجه‌ی تأثیر این عوامل، میزان توسعه یافتگی پیچان رودها در دو سوی گسل قره سو، که منطبق با مسیر آبراهه‌ی اصلی است، یکسان نیست.

محدوده‌ی مورد مطالعه

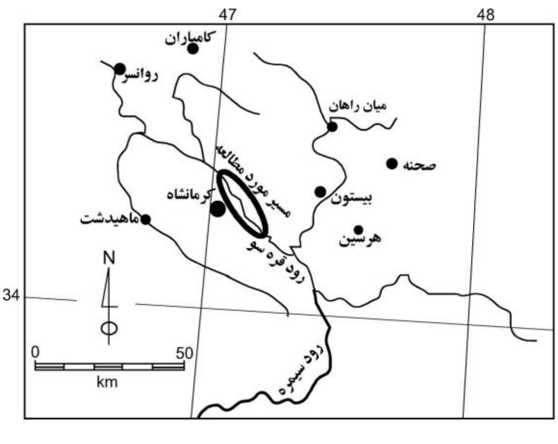
محدوده‌ی مورد مطالعه، بازه‌ای از رودخانه‌ی قره سو به طول تقریبی۲۰/۷ کیلومتر را در بر می‌گیردکه در محدوده‌ی سیاسی استان کرمانشاه واقع شده است(شکل۱). رودخانه‌ی قره سو از شرق شهرکرمانشاه عبور می‌کند و در محدوده‌ی سیاسی شهر کرمانشاه واقع شده است. شهر کرمانشاه

1. Kornis

واقع در شرق استان کرمانشاه بین ′۱۹-۳٤ْ عرض شمالی و ′۷-٤۷ْ طول شـرقی از نصـف النهـار مبدأ قرار دارد، ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۳۲۲ متر است. حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی قره سو، مناطق روانسر، سنجابی، ماهیدشت، کامیاران، بیله وار، میان دربند و کرمانشاه را تحت پوشش دارد. سیستم قره سو از به هم پیوستن دوشاخه‌ی اصـلی مـرک[1] و رازآور بـه‌وجـود آمـده اسـت. سرچشـمه‌ی اصـلی رودخانه‌ی قره سو، چشمه‌های روانسر در حدود ٦۰ کیلو متری شمال غربی شهر کرمانشاه است. که در مسیر خود ضمن تلاقی با مسیل‌ها و آبراهه‌های جاری از شیب‌های جنوب غربی کوه شـاهو از عمـده ترین رشته کوه‌های زاگرس در مسیر جاده روانسر به پاوه و همین طور مسیل‌ها و آبراهه‌های جـاری از شمال غربی حوضه به صورت شمال غربی- جنوب شرقی جریان می‌یابد (مهندسین مشـاور گاماسـیاب، ۱۳۷۵، ۲۹).

رودخانه‌ی قره سو از شاخه‌های مهم و اولیه‌ی رودخانه سیمره بوده و آب قسمت‌هایی از استان‌های کرمانشاه و کردستان را جمع آوری و به رودخانه سیمره هدایت می‌کند. قره سو در ادامه‌ی جریان خود پس از گذر از کرمانشاه از روستاهای متعددی عبور کرده و سرانجام به رودخانه‌ی گاماسیاب و از طریق آن به رودخانه سیمره می‌ریزد(شکل۱). این رودخانه دارای آب دائمـی بـوده و آب آن از ذوب بـرف و زه‌کشی آب‌های زیر زمینی و چشمه‌های آهکی تأمین می‌شود(سازمان آب منطقه‌ای غرب،۱۳۸۲، ۱).

شکل ۱: موقعیت بازه‌ی مورد مطالعه در مسیر رود قره سو در مشرق شهر کرمانشاه



1. Merek (Mereg)

مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک بازه‌ی بیست کیلومتری از مسیر آبراهه‌ی رودخانه قره سو، درست در بخش غربی و شمال غربی شهر کرمانشاه، انتخاب شده است. از دیدگاه بنیادی هدف بررسی تأثیر گسل قرسو در مورفولوژی و الگوی رودخانه قرسو و از دیدگاه کاربردی نیز هدف بررسی تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم تحولات آبراهه‌ی رودخانه‌ی قرسو بر اهداف توسعه‌ی آتی شهر کرمانشاه بوده است. برای دست یابی به این هدف، داده‌های مربوط به پیچان رودها و عوامل مؤثر در تشکیل آنها و نیز روش مطالعه تغییرات دوره‌ای مورفولوژی رودخانه‌ها به روش کتابخانه‌ای گرد آوری شده است. همچنین مطالعات محققین پیشین از همین طریق مورد بررسی و روش‌های مورد استفاده در این پژوهش عمدتاً از این منابع بر گرفته شده اند. نقشه‌های توپوگرافی(سازمان جغرافیایی کشور،۱۳٦۵)، زمین شناسی(سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۳)، تکتونیک و عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۳۵ (سازمان نقشه برداری کشور،۱۳۸۰)، ابزارهای اصلی را تشکیل داده اند. نقشه‌ها در محیط نرم افزار Arc GIS ژئو رفرنس شده و مسیر رودخانه در سال ۱۳۳۵و ۱۳۸۰ از روی عکس‌های هوایی استخراج گردیده و با مسیر و امتداد گسل قره سو تطبیق داده شده است. برای بررسی راستای تغییرات آبراهه، طی کارهای میدانی، بیست وچهار پروفیل عرضی از مسیر بستر برداشت شده و موقعیت آنها با GPS ثبت و روی نقشه‌ها انتقال داده شده است(شکل ۳). این پروفیل‌ها به روش سوپر ایمپوزه با یکدیگر تلفیق شده و بر اساس تمایل جانبی رودخانه بررسی شده است. همچنین با استفاده از ترسیم دوایرمماس بر قوس‌های رودخانه، پارامترهای هندسی مانند: زاویه‌ی مرکزی، ضریب انحنا، طول قوس، طول موج و شعاع دایره به دست آمد. با استفاده از شاخص زاویه مرکزی (روش کورنایس) و شاخص ضریب انحنا(روش پیتز[1])که شاخص‌هایی برای نشان دادن الگوی رودخانه و میزان توسعه یافتگی پیچان رودها هستند، الگوی رودخانه

1. Peetz 1986

و میزان توسعه یافتگی پیچان رودها مشخص شد. بـا اسـتفاده از نـرم افـزارArc GIS و الگـوی ارتفاعی رقومی منطقه، راستای جهش گسل با سطوح تغییرات بسـتر رودخانـه، انـدازه‌گیـری و مقایسه شد. در نهایت در محیط نرام افزاری Global Mapper سـطوح مئانـدری بـین گسـل و رودخانه مشخص و سطوح آن اندازه‌گیری شده است. همچنین میزان زاویه‌ی مرکـزی و میـزان ضریب انحنـای قـوس‌هـای مسـیر آبراهـه در بخـش‌هـای فـرا رو و فـرو رو گسـل قـره سـو اندازه گیری، محاسبه و سرانجام دامنه توسـعه یـافتگی هرکـدام در ایـن دو بخـش بـا یکـدیگر مقایسه و بر اساس اختلافات موجود نتیجه‌گیری شده است.

یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های رسوب رودخانه

به طور کلی بافت رسوب یک آبراهه، نقش تعیین‌کننـده‌ای در رفتـار رود و الگـوی آبراهـه دارد. به عبارتی هر قدر بافت ریزتر باشد، تحول آبراهه بیشـتر بـوده و پیچـان‌رودهـا در زمـان کوتاه تری توسعه می‌یابند(یمانی و همکار ،۱۳۸۳،۱۵۰). برای این منظور، نمونه برداری رسـوبات از بستر و شیب کناره رودخانه قره سو در چهار مقطـع[1] صـورت گرفتـه اسـت. رسـوبات در آزمایشگاه خشک و توسط دستگاه شیکر، دانه سنجی شده اند. نتایج نمونه برداری‌هـای چهـار مقطع، نشان می‌دهد که بافت غالب رسوب رودخانه(بیش از نود درصد) بسیار ریز دانه بـوده و در حد رس و سیلت می‌باشد. همچنین مقایسه‌ی بافت رسوب در نیمه‌ی غربی آبراهه با نیمه‌ی شرقی آن نشان می‌دهد که دربخش غربی بستر به طور میانگین ۹۵/۵ درصد رسوبات را سـیلت و رس (ذرات با قطر کمتر از ۲۵۰ میکرون) تشکیل مـی‌دهـد و در مقـاطع قسـمت شـرقی بسـتر رودخانه میزان این ذرات به ۸٦/۸ درصد می‌رسد (جدول ۱). با استناد به مبانی نظری، از آن‌جا که قطر ذرات به طور مستقیم وابسته به نیروی جریان است، بنابر این تمایل جریـان آبراهـه بـه سمت نیمه‌ی غربی رودخانه نشان از فعال تر بودن جریان در این بخش دارد. با این وجـود بـه

نظر می‌رسد برای دست یابی به نتایج دقیق تر در این خصوص نیازمند افزایش تعداد نمونه برداری‌ها و کارهای آزمایشگاهی تفصیلی است.

جدول۱: میانگین نتایج نمونه برداری رسوبات از بستر رودخانه

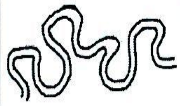
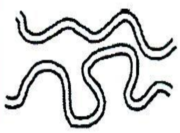
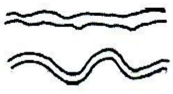
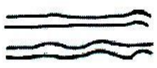
بستر نیمه غربی رودخانه			بستر نیمه شرقی رودخانه			
درصد	وزن تجمعی(گرم	وزن(گرم)	درصد	وزن تجمعی(گرم)	وزن(گرم)	قطر ذرات(میکرن)
۹۵/۵۷	۳۰۰	۲۸۷	۸٦/۸۳	۳۰۰	۲٦۰/۹	<۲۵۰
۱/۱٦	۱۲/۷۵	۳/۲	۲/٤۵	۳۹/۱	۷/۳	۲۵۰-۳۰۰
۰/٦۲	۹/۵	۱/۷	۱/۵	۳۱/۸	٤/۳	۳۰۰-٤۰۰
۰/٤۹	۷/۸	۱/۲	۲/۲٤	۲۷/۵	٦/۸	٦۰۰-٤۰۰
۰/٦۲	٦/٦۲	۲/۱	۲/۸	۲۰/۷۵	۸/۵	٦۰۰-۸۵۰
۱/٤۹	٤/۵	٤/۵	٤	۱۲/۲۵	۱۲/۲۵	>۸۵۰

الگوی رودخانه[۱]

با توجه به شاخص ضریب خمیدگی طرح شده از سوی لئوپلد و ولمن[۲] (۱۹۷۵) که در تحلیل تعدادی از رودخانه‌های آمریکا به‌کار برده‌اند، مقدار ضریب پیچشی می‌تواند برای رودخانه‌ها از ۱/۵ تا ۲/۸ تغییر کند(دولتی،۱۳۸۷: ۱۳۹). آل یاسین۱۳۷۹ ضریب پیچشی بزرگتر از ۱/٤ تا ۱/۵ را بیانگر پیچشی بودن رودخانه و کمتر از آن را، نشان مستقیم بودن رودخانه دانسته است. اما (پیتز ۱۹۸٦) بر حسب میزان ضریب پیچشی چهار نوع رودخانه را بر حسب (جدول۲) تقسیم بندی می‌کند(دولتی،۱۳۸۷، ۱۳۹).

1. River Pattern
2. Leopold L. B. & Wolman M. G.

جدول۲: تقسیم بندی رودخانه بر حسب ضریب پیچشی (پیتز، ۱۹۸٦)

>۲	۱/۲۵ - ۲	۱/۰۶ - ۱/۲۵	۱ - ۱/۰۵	ضریب پیچشی
				شمای رودخانه
پیچانرودی شدید	پیچانرودی	سینوسی	مستقیم	نوع رودخانه

برای رودخانه‌ی قره سو با استفاده از شاخص پیتز ضریب پیچشی(مقدار سینوسیته) محاسبه گردید. مقدار سینوسیته یک رود، نسبتی است از طول کانال رودخانه به طول دره(سلیمانی، ۱۳۷۸: ۱۹).

S=c/v

S: سینوسیته‌ی رودخانه؛

C: طول کانال رودخانه؛

V: طول دره در فاصله بین قله دو مئاندر پیاپی.

با استفاده از را بطه‌ی بالا برای رودخانه‌ی قره سو میانگین ضریب پیچشی ۱/٤۲ بـه دسـت آمده است.

جدول ۳: تقسیم بندی رودخانه‌ی قره سو براساس شاخص ضریب انحنا به روش پیتز

نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچانرودی	پیچانرودی شدید
مقدار (درصد)	۰/۰ ۱٤	۰/۰ ۳٦	۰/۰ ٤٤	۰/۰ ٦

همان طور که جدول شماره ۳ نشان می‌دهد، بیشترین مسیر رودخانـه (بـا میـانگین ٤٤ ۰/۰) جـزو رودخانه‌های پیچان رودی است که ضریب پیچشـی بـرای آنهـا در محـدوده‌ی بـین ۱/۲۵ تـا ۲ قـرار می‌گیرد.

زاویه‌ی مرکزی به عنوان معیاری جهت تقسیم بندی و شناسایی میزان توسعه‌ی پیچان‌رودی یک رودخانه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر از مرکز دوایر مماس بر قوس رودخانه دو شعاع به نقاط عطف دوایر با دره‌ی رودخانه ترسیم شود به زاویه‌ی ایجاد شده زاویه‌ی مرکزی و شعاع دایره‌ی مماس بر قوس‌ها شعاع دایره گفته می‌شود(تلوری،۱۳۷۳). برای به‌دست آوردن زاویه‌ی مرکزی از فرمول زیر استفاده شده است: زاویه‌ی مرکزی[1] پیچان رود : زاویه مرکزی حاصل از اتصال دو شعاع به نقطه‌ی عطف هر قوس که در آن A زاویه مرکزی و L طول قوس می‌باشد (تلوری ،۱۳۷۳).

$$A=180/LR\pi$$

میانگین زاویه‌ی مرکزی برای رودخانه‌ی قره سو در سال ۱۳۸۰معادل ۱۱۱/۴۵ بوده است. براساس نظر کورنایس(جدول ٤) این رودخانه در رده‌ی رودخانه‌های مئاندری توسعه یافته، طبقه بندی می‌شود.

جدول٤: انواع رودخانه‌های آبرفتی براساس نظر کورنایس(یمانی و همکار،۱۳۸۳: ۱٤۹)

شکل رودخانه	میزان زاویه‌ی مرکزی (درجه)
رودخانه‌ی مستقیم	–
رودخانه‌ی شبه مئاندری	۰ تا ٤۱
رودخانه‌ی مئاندری توسعه نیافته	٤۱ تا ۸۵
رودخانه‌ی مئاندری توسعه یافته	۸۵ تا ۱۵۸
رودخانه‌ی مئاندری بیش از حد توسعه یافته	۱۵۸ تا ۲۹٦
رودخانه‌ی شاخ گاوی[2]	بیش از ۲۹٦

جدول۵: تقسیم بندی رودخانه‌ی قره سو براساس روش کورنایس

سال	رودخانه‌ی شبه مئاندری	رودخانه‌ی مئاندری توسعه نیافته	رودخانه‌ی مئاندری توسعه یافته	رودخانه‌ی مئاندری بیش از حد توسعه یافته
۱۳۸۰	٪٦	٪ ۲٦	٪٥٦	٪۱۲

1. Central Angle
2. Oxbow

بر اساس جدول بالا ٥٦ ٪ رودخانه در زمان مورد مطالعه جزو رودخانه‌های مئاندری توسعه یافته بوده است.

به‌طور کلی، مشخصات پارامترهای هندسی رودخانه در سال ۱۳۸۰ برای رودخانه‌ی قره سو، منطبق با داده‌های جدول شماره ٦ بوده است.

جدول٦: مشخصات پارامترهای هندسی در رودخانه‌ی قره سو

تعداد مئاندر	میانگین زاویه مرکزی(درجه)	میانگین ضریب سینوسی	میانگین طول قوس (متر)	میانگین طول موج(متر)	میانگین شعاع دایره(متر)
٥٠	١١١/٤٥	١/٤٢	٧٠٥/٩٥	٥٢٢/٤٣	١٨٤/٢٨

در میان روش‌های زمین شناختی برای مطالعه‌ی حرکات تکتونیکی فعال، بررسی‌های ژئومورفولوژی و مورفوتکتونیک نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند، زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفویک در مقابل حرکات تکتونیکی فعال بسیار حساس هستند، نرخ تحلیل‌های هندسی آن‌ها، نشانه‌ها و شواهدی پیرامون یا سرعت، نوع و آرایش تغییر شکل‌های تکتونیکی فعال را برای ما ارائه می‌دهد(سلیمانی،۱۳۷۸: ٤).

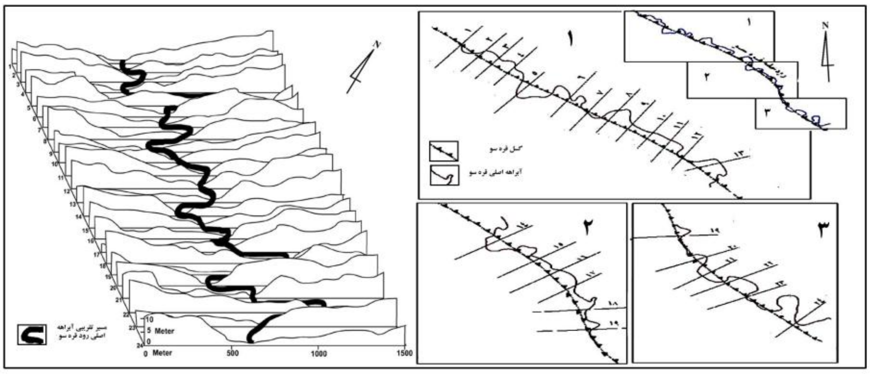
موفوتکتونیک گسل قره سو

با استناد به مبانی نظری، توسعه‌ی مئاندری و جابه‌جایی رودخانه‌ها در عرض دره‌ها، می‌تواند نتیجه‌ی کج‌شدگی عرضی دره باشد. به ویژه، زمانی که امتداد طولی دره هم روند با امتداد یک گسل فعال شیب لغز باشد. در این شرایط، معمولاً جریان رود به سمت بخش پست تر با قطعه‌ی فرو روی گسل تمایل پیدا کرده و یا به سمت پایین سراشیبی جابه‌جا می‌شود. سر انجام رودخانه در بخش فرو روی دره که به آن سمت تمایل یافته است، متمرکز می‌شود(سلیمانی، ۱۳۷۸: ۱۷).

رودخانه‌ی قره سو در بستری پوشیده از رسوبات آبرفتی کواترنر جریان دارد. این رودخانه از جمله رودخانه‌هایی با قوس‌های سطحی آزاد است و دقیقاً مسیر گسل قره سو را دنبال می‌کند. گسل از نوع رورانده است و راستای شمال غربی جنوب شرقی داشته و با مسیر رودخانه مورد مطالعه

منطبق است. نگاه این گسل نیز به سمت شمال بوده و توسط رسوبات آبرفتی کواترنر پوشیده شده است(شکل۳).

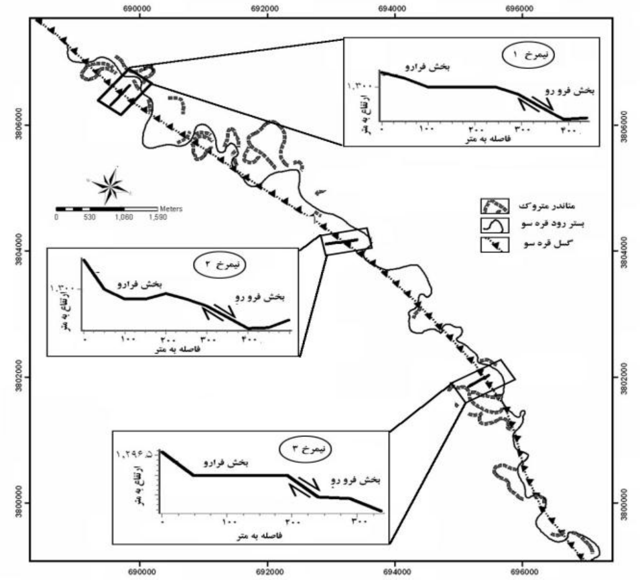
برای بررسی اثرات گسل قره سو بر روی رودخانه‌ی قره سو، کار میدانی تفصیلی در طول بازه‌ی مورد بررسی انجام شده و طی آن بیست وچهار پروفیل عرضی با فواصل تقریبی هشتصد متر تا یک کیلومتر از یکدیگر به صورت انتخابی برداشت گردید. موقعیت این پروفیل‌ها توسط GPS مارک شده و روی نقشه انتقال داده شده است. از آن‌جا که بیست وچهار پروفیل برداشت شده حجم زیادی داشته است، تمامی آنها در قالب یک بلوک دیاگرام به روش سوپر ایمپوزه ترکیب و تلفیق شده اند(شکل ۲). بررسی بلوک دیاگرام و راستای توسعه قوس‌های مئاندری، تمایل توسعه‌ی الگوی رودخانه را به سوی نیمه‌ی غربی به خوبی نشان می‌دهد. علاوه بر این، برای کنترل دقیق‌تر یافته‌ها، ابتدا توسط نرم افزار Arc GIS مسیر گسل از نقشه‌ی زمین شناسی منطقه‌ی رقومی و استخراج شد، سپس با استفاده از الگوی ارتفاعی رقومی منطقه‌ی مورد مطالعه، در سه نقطه از مسیرگسل پروفیل دقیق ترسیم شده و راستای جهش گسل با توپوگرافی عرضی بستر تطبیق داده شد. در نهایت به بررسی و تحلیل پارامترهای هندسی به دست آمده در دو سمت "فرا رو" و "فرو رو" گسل پرداخته شده است(شکل۳).



شکل ۲: سمت چپ موقعیت برداشت ۲۴ پروفیل عرضی از مسیر آبراهه‌ی قره سو و در سمت راست تلفیق آنها به روش سوپر ایمپوزه و نمایش آنها را در قالب بلوک دیاگرام را نشان می‌دهد.

بخش فرو رو گسل قره سو در غرب موجب عدم تقارن بستر و در نهایت توسعه‌ی قوس‌هـای پیچـان رودی را به سمت نیمه‌ی غربی به دنبال داشته است.

شکل۳: راستای جهش گسل و جهت گیری رودخانه قره سو نسبت به آن در سه مقطع شاخص در طول مسیر آبراهه.



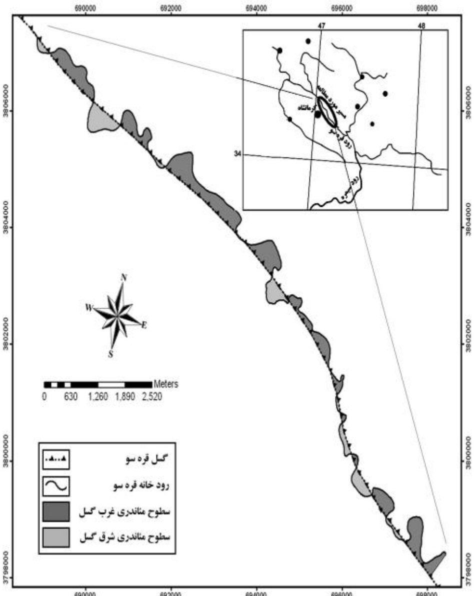
در مرحله‌ی بعد، یافته‌ها با نتایج محاسبات حاصل از بررسـی پارامترهـای هندسـی رودخانـه در دو بخش فرا رو و فرو رو گسل مورد بررسی قرار گرفته وتطبیق داده شد، که نتـایج آن در جـدول شـماره ۷ آمده است.

جدول۷: نتایج مشخصات پارامترهای هندسی رودخانه‌ی قره سو در دو بخش فرارو و فرو رو گسل

	تعدادمئاندر متروک	تعداد مئاندر فعال	میانگین ضریب انحنا	میانگین زاویه مرکزی(درجه)	میانگین شعاع دایره(متر)
بخش فرارو	٦	۱۵	۱/۲۵	۱۰۳/۳٤	۱۹۸/۱۲
بخش فرورو	۱۸	۳۵	۱/۵۰	۱۱۵/۳٦	۱۷۸/۳۵

پس از این که راستای جهش گسل مشخص شد، برای به دست آمدن مساحت سطوح مئاندری بین بخش‌های فروروگسل(شمال غربی گسل قره سو) و فرا رو گسل (جنوب شرقی گسل قره سو) و رودخانه‌ی قره سو اندازه‌گیری انجام شد. برای این منظور در نرم افزار Global Mapper مسیر گسل و رودخانه بر هم منطبق و سطوح مئاندری با توجه به روند جهش گسل محاسبه شد. این نتایج نشان می‌دهند که مساحت سطوح مئاندری بین آبراهه‌ی اصلی رودخانه و بخش فراروی گسل قره سو معادل ٦٢٧/٨٨٨ کیلومترمربع و نیز بین آبراهه‌ی اصلی و بخش فرورو(شمال غربی گسل) معادل ٢٠١٨/٣٦٢ کیلومتر مربع می‌باشد(شکل٤).

شکل ٤: اختلاف وسعت سطوح مئاندری در طرفین گسل قره سو

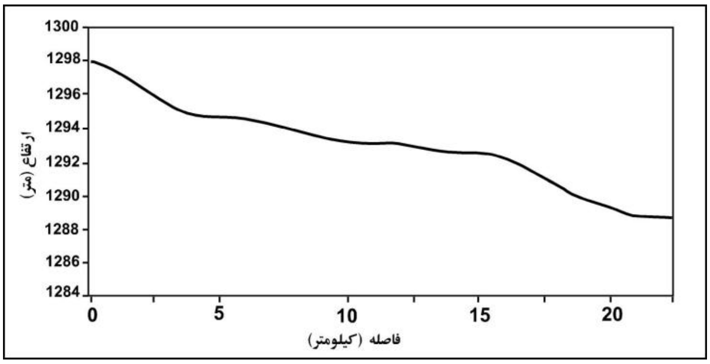


علاوه بر این، برای بررسی تغییرات زمانی بستر رودخانه‌ی قره سو، مسیر رودخانه نیز طی دو دوره‌ی زمانی مورد مطالعه (٨٠ – ١٣٣٤) از عکس‌های هوایی استخراج شد. سپس مسیر آبراهه در دو سری عکس هوایی و با استفاده از نرم افزار بر هم منطبق شد. در پایان تغییرات صورت گرفته در مسیر آبراهه‌ی اصلی مشخص و ترسیم شد. بررسی دو دوره عکس‌های هوایی نشان می‌دهدکه

مورفولوژی و مسیر کلی رودخانه طی چهل وپنج سال گذشته تغییرات عمده‌ای نداشته است، بلکه تغییرات عمدتاً در الگوی رودخانه بوده که طی آن حلقه‌های پیچان‌رودی گسترش یافته‌اند. بدیهی است تغییرات کلی مورفولوژی رودخانه‌ها مستلزم گذشت زمان طولانی تری است، حتی به نظر می‌رسد تغییرات مئاندری در برخی از قسمت‌های رودخانه، نتیجه‌ی دخالت‌های انسانی و ساخت و سازهایی بوده است که در حریم این رودخانه صورت گرفته است. عمده ترین تغییرات آن مربوط به سال‌های قبل از ۱۳۳۵ بوده است. در این دوره توسعه‌ی دریاچه‌های نعل اسبی شکل و cutoff در حاشیه‌ی رودخانه از توسعه‌ی بیشتری برخوردار بوده اند.

نتیجه گیری

معمولاً رودخانه‌ای که بار رسوبات آن رس و سیلت باشد، نسبت به آبراهه‌ای که دارای بار رسوبی ماسه و ریگ است، فعال و ناپایدارتر بوده و کانال اصلی معمولاً باریکتر و عمیق‌تر است. رودخانه‌ی قره‌سو در دشت ناودیسی کرمانشاه که با ضخامت زیادی از آبرفت‌های کواترنر پوشیده شده است، جریان دارد. نتایج نمونه برداری رسوبات نشان می‌دهد که بار رسوبی این رود خانه عمدتاً رس و سیلت می‌باشد. این ویژگی نشانگر مستعد بودن آبراهه برای ناپایداری‌های بستر و تغییرات الگو و نیز توسعه‌ی پیچان رودها در زمان کوتاه‌تری می‌باشد. شیب رودخانه نیز از بالا دست به سمت پایین تغییرات کمتری دارد(شکل ۵). اختلاف ارتفاع حدود هشت متر در بازه‌ای به طول بیست کیلومتر وشیب بسیار کم مسیر آبراهه، کم بودن سرعت و قدرت جریان و تحت تأثیر آن کاهش بافت رسوب را توجیه می‌کند. از آن‌جا که رود خانه‌ی قره‌سو با محاسبه‌ی شاخص‌های موجود، جزو رودخانه‌های مئاندری توسعه یافته است، بنابر این خصوصیات رسوب شناسی و دینامیک ویژه‌ی آن یکی از دلایل عمده ناپایداری‌های موجود است.



شکل ۵: شیب بسیار کم آبراهه قره سو(۰/۰٤ درصد) در نیمرخ طولی آن کاهش سرعت و قدرت رود را به دنبال داشته و معلول آن ریز بافت بودن رسوبا ت رود خانه در حد سیلت و رس می‌باشد.

از نظر تکتونیکی نیز رودخانه‌ی قره سو، روند گسل قره سو را که از نوع رورانده است با جهتی شمال غربی- جنوب شرقی دنبال می‌کند. بررسی‌های صورت گرفته روی این رودخانه و نیز گسل قره سو و نیز داده‌های حاصل از تجزیه و تحلیل مورفولوژی آبراهه، نشان می‌دهد که رودخانه با داشتن ضریب انحناء ۱/٤۲ و زاویه مرکزی ۱۱۱/٤٥ از نوع رودخانه‌های پیچان رودی توسعه یافته است. همچنین بالا بودن میزان پارامترهای هندسی نظیر، تعداد مئاندرهای فعال رودخانه، تعداد مئاندرهای متروک، میانگین ضریب انحنا و میانگین زاویه مرکزی نشانگر آن هستند که بخش فرو رو گسل، نسبت به بخش فرارو آن دارای کج شدگی بوده و به سمت شمال آبراهه‌ی خود یا در واقع به سمت بخش فرو رو گسل تمایل دارد. همچنین پایین بودن میانگین شعاع دایره‌ها ی ترسیم شده در قوس‌های رودخانه‌ای و در بخش فرو رو گسل نسبت به قطعه فرا رو نشان می‌دهد که مئاندرهایی که در بخش فرارو گسل واقع شده است، کوچکتر و دارای انحنای بیشتری نسبت به قطعه مقابل خود است(جدول۷). مساحت سطوح مئاندری بین رودخانه و بخش فرورو گسل تقریبا سه برابر سطوح مئاندری بین رودخانه و بخش فرا رو آن است. این ارقام نشان می‌دهند که رودخانه به سمت بخش فرو رو گسل قره سو تمایل دارد(شکل ٤). میانگین زاویه‌ی مرکزی که

شاخصی برای میزان توسعه یافتگی پیچان رودها به حساب می‌آید. در بخش فرارو گسل معادل ۱۰۳/۳٤ و در بخش فرورو گسل معادل ۱۱۵/۳٦ می‌باشد. این داده‌ها ثابت می‌کنند که در قطعه فرورو گسل، پیچان رودها توسعه یافته تر هستند. با توجه به نتایج بالا می‌توان گفت رودخانه‌ی قره سو از نظر تغییرات طولی خود آزاد است، اما گسل قره سو تغییرات عرضی آن را تحت کنترل در آورده است. به گونه‌ای که رودخانه به سمت قطعه‌ی فرورو گسل تمایل پیدا کرده است و این نتیجه، فرضیه‌ی پژوهش را تأیید می‌کند.

یاداشت‌ها

۱. از آن‌جا که هدف بررسی تأثیر تکتونیک در تحول آبراهه بوده است بنابر این، نمونه برداری صرفاً از کناره غیر فعال رود خانه برداشت شده است. برای هر مقطع از محل کناره (حاشیه‌ی بستر پر آبی) تا کناره پرشیب (پادگانه) و در فواصل حدود دو متری و به روش انتخابی نمونه‌ها برداشت گردید. از هر مقطع حدود ده نمونه حدود نیم کیلوگرمی برداشت شده و سپس این ده نمونه با بیلچه به طور کامل مخلوط شدند. در نهایت حدود نیم کیلوگرم از نمونه مخلوط برای دانه سنجی بر داشت گردید. اضافه می‌نماید که دو مقطع نمونه گیری نیمه‌ی غربی و دو مقطع نیز نیمه‌ی شرقی بستر را پوشش داده و به تمام رود خانه تعمیم یافته اند. زیرا هدف بررسی ارتباط بافت رسوب با دینامیک جریان، توسعه یافتگی مئاندرها و کج‌شده‌گی تکتونیکی آبراهه بوده که با دانه سنجی رسوب در هر سوی رود خانه انجام شده است.

کتابنامه

۱. آل یاسین، احمد. (۱۳۷۹)، ***کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون***، کمیته‌ی ملی سدهای بزرگ ایران.

۲. بیاتی خطیبی، مریم. (۱۳۸۵)، ***بررسی علل تشکیل و توسعه ی پیچان‌ها در دره نواحی کوهستانی و نقش آنها در ناپایداری شیب‌ها و رسوب زایی رودخانه‌ها***، رشد آموزش جغرافیا، شماره٤: ٤۰–۳٤.

۳. تلوری، عبدالرسول. (۱۳۷۳)، ***اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه***، وزارت جهاد سازندگی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.

٤. تلوری، عبدالرسول. (۱۳۷۳)، ***رودخانه‌ها و مشخصات هندسی آنها***، تحقیقات جهاد کشاورزی.

۵. حسینی، شهاب الدین و حمیده زاخری. (۱۳۸۰)، ***بررسی جابه جایی‌های افقی در رودخانه‌های آبرفتی***، آبانگان، شماره ۱۹: ۱۳.

٦. دولتی، جواد. (۱۳۸۷)، ***بررسی تغییرات ژئومورفولوژی بخش میانی اترک*** (با استفاده از GIS و سنجش از دور)، پایان نامه کارشناسی ارشد، راهنما مجتبی یمانی، دانشگاه تهران. دانشکده جغرافیا: ۱۳۹.

۷. داورپناه، غلامرضا. (۱۳۸۱)، ***بررسی تغییرات مورلوفوژی پایاب زنجانرود و عوامل مؤثر در آن در یک دوره ۳۰ ساله***، ششمین سمینار بین المللی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز: ١٦٦–١٦١.

۸ .رنگزن، کاظم و همکاران.(۱۳۸۱)، ***مطالعه‌ی اثرات مهاجرت رودخانه‌ها بر سازه‌های عمرانی در جلگه خوزستان با استفاده از داده‌های ماهواره ای***، ششمین سمینار بین المللی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز: ١٧٤–١٦٩.

۹. سازمان آب منطقه‌ای غرب، مهندسین مشاور گاماسیاب. (۱۳۷۵) ، ***مدیریت منابع و شبکه آب‌های سطحی***.

۱۰. سازمان آب منطقه‌ای غرب؛ مرکز تحقیقات آب. (۱۳۸۲)، ***مطالعات مرحله دوم طرح ساماندهی رودخانه قره سو در محدوده شهر کرمانشاه***، گزارش مطالعات هیدرولوژی، جلد دوم.

۱۱. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. (١٣٦٥)، ***نقشه توپوگرافی برگ کرمانشاه در مقیاس*** ۱:۵۰۰۰۰.

۱۲. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. (۱۳۳۵)، ***عکس‌های هوایی مقیاس*** ۱:۵۵۰۰۰ محدوده شهر کرمانشاه.

۱۳. سازمان زمین شناسی کشور. (۱۳۷۳)، ***نقشه‌ی زمین شناسی مقیاس*** ۱:۱۰۰.۰۰۰ کرمانشاه.

١٤. سازمان نقشه برداری کشور. (۱۳۸۰)، ***عکس‌های هوایی مقیاس*** ۱:٤۰۰۰۰ محدوده شهر کرمانشاه.

۱۵. سلیمانی، شهریار. (۱۳۷۸)، ***رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان***، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله : ۱۹.

١٦. غریب رضا، محمدرضا و حمیدرضا معصومی. (۱۳۸۵)، ***مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان***، هفتمین سمینار بین المللی رودخانه.

۱۷. غریب رضا، محمدرضا. (۱۳۸۱)، ***تغییرات مورفولوژیکی رود شور گناوه***، ششمین سمینار بین المللی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز : ۲۰۷–۲۰۱.

۱۸. محمدی، امین و همکاران. (۱۳۸۵)، ***بررسی و شناخت تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گرگان‌رود***، هفتمین سمینار بین المللی رودخانه.

۱۹. مقصودی، مهران و حمید کامرانی دلیر. (۱۳۸۷)، ***ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه***، مطالعه‌ی موردی رودخانه تجن، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٦٦.

۲۰. یمانی، مجتبی و محمد مهدی حسین زاده. (۱۳۸۳)، بررسی الگوی پیچـان رودی رودخانـه تـالار بـا اسـتفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳ :۱۵٤–۱٤٤.

۲۱. یمانی، مجتبی و محمد مهدی حسین زاده. (۱۳۸۲)، ***تغییرات الگوی رودخانه تالار در جلگه ساحلی دریـای خـزر،*** پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٤۳ : ۱۲۱–۱۰۹.

22. Chamyal، L.S., D.M.، Maurya, Rachna، Raj, (2003), ***Fluvial systems of the dry lands of western India: A synthesis of Late Quaternary environmental and tectonic changes, Pergamum, Department of Geology***, M.S. University of Baroda, Vadodara 390002, India.69-86
23. Leopold L. B. and Wolman M. G., 1957, ***River Meanders***, Geol. Soc. America, Bull .V71.
24. Petrovszki, J. & Timar, G., (2009)***, channel sinuosity of the Koros River system***, Hungary/Romania, as possible indicator of the neotectonic activity؛ Elsevier؛ department of Geophysics and space science. GEOMOR-03140; no of page8
25. Timar, Gabor, (2003), ***Controls on channel sinuosity changes: A case study of the Tisza River***, the Great Hungarian Plain؛ PERGAMON;Quaternary Science؛ space Research Group, Department of Geophysic.2199-2207
26. Vikrant J. & R. Sinha, (2005), ***Response of active tectonics on alluvial Baghmati River Himalayan foreland basin***, eastern India؛ Elsevier. 339-356
27. Zamolyi A. & B. Szekely, E. Dragainits , G. Timar; (2009); ***Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the Little Hungarian Plain***; Elsevier Publisher.geomor -03026: no of page13.